Korištenje benefitnih mikroorganizama kao zamjena za kemijske pesticide i mineralna gnojiva

Ivanković, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:952692

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Matea Ivanković, apsolventica

Diplomski studij: Bilinogojstvo

Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

KORIŠTENJE BENEFITNIH MIKROORGANIZAMA KAO ZAMJENA ZA KEMIJSKE PESTICIDE I MINERALA GNOJIVA

Diplomski rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Matea Ivanković, apsolventica

Diplomski studij: Bilinogojstvo

Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

KORIŠTENJE BENEFITNIH MIKROORGANIZAMA KAO ZAMJENA ZA KEMIJSKE PESTICIDE I MINERALA GNOJIVA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Doc.dr.sc. Brigita Popović,predsjednik
2. Prof.dr.sc. Suzana Kristek, mentor
3. Doc.dr.sc. Sanda Rašić,član

Osijek, 2016.

SADRŽAJ

1. Uvod 1
2. Mikroorganizmi 3
3. Mikroorganizmi kao zamjena za mineralna gnojiva.....7
3.1. Nitrofiksirajući mikroorganizmi.....7
3.1.1. Simbiotski fiksatori.....7
3.1.1.1.*Rhizobium* i *Bradyrhizobium*.....7
3.1.2. Nesimbiotski fiksatori.....10
3.1.2.1. Rod *Azotobacter*.....11
3.1.2.2. Rod *Azospirillum*.....13
4. Mikroorganizmi kao zamjena za kemijske pesticide.....15
4.1. Fosfomobilizatori.....15
4.1.1. Rod *Bacillus*.....15
4.1.2. Rod *Pseudomonas*.....18
4.2. Mikorize.....19
4.2.1. Podjela mikoriza.....22
4.2.1.1. Ektomikoriza.....22
4.2.1.2. Endomikoriza.....24
4.2.1.3. Ektoendomikoriza.....27
5. Zaključak.....29
6. Popis literature.....30
7. Sažetak.....35
8. Summary.....36
9. Popis slika i tablica.....37

Temeljna dokumentacijska kartica

Basic documentation card

1. UVOD

Tlo i biljke, odnosno njihov korijenov sustav, čine jedinstvenu i nedjeljivu cjelinu koju nazivamo rizosfera. Prema tome, korijen, biljka i tlo, kao supstrat biljne ishrane, predstavljaju sustav u kojem dolazi do vrlo kompleksnih međusobnih interakcija uvjetovanih nizom vanjskih čimbenika. U toj sferi nalaze se mnoge organske tvari koje izlučuju same biljke kao svoje otpatke, dok se s druge strane u njoj nalazi i najveća količina mineralnih biljnih asimilata za potrebe viših biljaka. Najveća biogenost je oko korjenovih dlačica, oko kojih se stvara neka vrsta mikrobiološkog filtra kroz koji prolaze sve izlučevine korijena, koje potom mikroorganizmi koriste za svoje potrebe. Zahvaljujući rizosfernoj mikroflori biljke se mogu razvijati, jer bi se u suprotnom gušile u vlastitim izlučevinama. Tlo predstavlja ogroman životni prostor za kopnene mikroorganizme. Mikroorganizmi čine 0,1 do 3% ukupne organske tvari u tlu.

Mikroorganizmi na plodnost zemljišta mogu utjecati direktno i indirektno. Direktno djelovanje uključuje procese izumiranja i mineralizacije mikroorganizama, pri čemu u zemljištu ostaju biljna hraniva. Indirektno djelovanje obuhvaća sudjelovanje mikroorganizama u mineralizaciji biljnih i životinjskih ostataka u tlu i razlaganju teže razgradivih minerala.

Veliki značaj u biljnoj proizvodnji imaju bakterije koje slobodno žive u tlu i imaju dobar interakcijski odnos sa biljkama. Toj grupi bakterija pripadaju rizobakterije koje mogu obavljati fiksaciju dušika, te vežu organske i anorganske tvari.

U simbiotskoj biološkoj fiksaciji elementarnog dušika sudjeluju mikroorganizmi koji žive u simbiozi s leguminozama. Najznačajniji tip simbiotske fiksacije dušika za poljoprivredna tla je fiksacija dušika koja nastaje kao rezultat simbioze između bakterija iz rodova *Rhizobium, Bradyrhizobium, Sinorhizobium, Azorhizobium i Mesorhizobium* s većinom biljaka iz porodice *Leguminosae.* Nesimbiotskim fiksiratorima pripadaju bakterije roda *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Klebsiella,* koje se koriste za inokulaciju neleguminoznih biljaka kao što su primjerice kukuruz, pšenica, krumpir, šećerna repa i suncokret. Također su sposobni fiksirati atmosferski dušik te ga ostavljaju u tlu ili vodi gdje ga koriste biljke i drugi mikroorganizmi za svoj rast.

Fosfor se smatra ključnim elementom u kruženju energije u stanici, ulazi u sastav koenzima koji imaju veliku funkcionalnu važnost. Fosfomobilizatori su mikroorganizmi koji imaju sposobnost oslobađanja fosfata odnosno oslobađaju fosfor iz anorganskih spojeva primjerice iz kalcijevog fosfata. Fosfomobilizatori su i mikroorganizmi koji koriste

ortofosfate za svoj rast u uvjetima kada se mineralizira organska tvar sa malom količinom fosfora. Bakterije koje sintetiziraju fosfataze (*Bacillus*ssp., *Pseudomonas*spp., *Azotobacter*spp., *Enterobacter*spp., *Serratia*spp., *Streptomyces*spp.) naseljavaju korijen biljaka i značajno utječu na mineralizaciju organskih spojeva fosfora na njegovoj površini i mogu se koristiti u poljoprivrednoj proizvodnji kao zamjena fosfornih mineralnih gnojiva.

Mikorize su visoko razvijene mutualističke zajednice između gljiva i korijenja biljaka u tlu. Naziv mikoriza u doslovnom prijevodu znači „gljivino korijenje“. Korijenove dlačice su većeg obujma za razliku od hifa koje su tanje i mogu ući u najsitnije pore u tlu te se povećava učinkovitost upijanja hranjivih tvari i vode. Radi toga, mikoriza je vrlo važna za kruženje hraniva u prirodi. Prednosti mikorize su zdraviji i gušći sustav korijena, veći i brojniji urod, smanjena potreba za zalijevanjem i gnojidbom, veća otpornost na sušu te zaštita od bolesti.

2. MIKROORGANIZMI

Mikroorganizmi predstavljaju organizme mikroskopskih veličina. Većina njih može se uočiti uz pomoć svjetlosnog mikroskopa. Međutim, neki od njih, npr. virusi, tako su sitni, da je za njihovu identifikaciju potrebna primjena elektronskog mikroskopa.

Tom svijetu pripadaju bakterije, gljive, alge protozoe, virusi i drugi heterogeni organizmi različiti po svojoj građi i životnim aktivnostima. Po svojoj građi mikroorganizmi mogu biti jednostanični (bakterije i neke alge), višestanični (većina vrsta gljiva) ili acelularni-nestanične građe (virusi).

Mikroorganizmi su najstariji stanovnici zemlje i prethodnici su svih živih organizama. Moglo bi se reći da su kosmopolitni organizmi rasprostranjeni u svim životnim sredinama i klimatskim zonama, u zraku, vodi i tlu. Populacije mikroorganizama u tlu značajne su za razlaganje organske tvari i osiguranje hranjivih sastojaka biljkama – posebna znanstvena disciplina (mikrobiologija zemljišta) proučava sve ove složene procese i odnose u tlu koje je specifična životna sredina po biotskim i abiotskim kao i ekološkim uvjetima.

Tlo predstavlja ogromni životni prostor za kopnene mikroorganizme (Milaković, 2013.). Tlo je sastavljeno od mineralnog dijela kao osnove i organskih tvari (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Od minerala najviše su zastupljeni sljedeći elementi: silicij, aluminij, željezo, nešto manje ima kalcija, magnezija, kalija i natrija (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). U minimalnim količinama ima fosfora i sumpora. Od ostalih elemenata najviše su zastupljeni kisik, ugljik i dušik (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Za kvalitetu tla veliku važnost ima sadržaj alkalnih elemenata (Ca, K, Mg, Na), a naročito kalcija koji čini osnovu svakog plodnog tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Bez mikroorganizama tlo bi bilo mrtvo tlo (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). U tlu je zastupljen velik broj mikroorganizmima, koji čine veoma funkcionalne mikrobiocenoze koje su prilagođene uvjetima u tlu i zajedno s florom i faunom daju tlu svojstva živog organizma (Jarak, 2005.). Mikroorganizmi čine od 0,1 do 3% cjelokupne organske tvari u tlu. Najviše mikroorganizama ima u gornjim slojevima, a s dubinom tla broj se smanjuje. Uloga mikroorganizama u razlaganju organske tvari i nastajanju humusa je vrlo važna. Osnovna uloga je mineralizacija organske tvari. Zatim sudjeluju u kruženju tvari i energije u prirodi, a imaju osobine koje koristi čovjek (Milaković, 2013.). Glavna uloga mikroorganizama u tlu je transformacija organske tvari i stvaranje humusa odnosno humifikacija, zatim

mineralizacija humusa odnosno dehumifikacija, što dovodi do stvaranja biljnih asimilativa (Milaković, 2013.). Mikroorganizmi omogućuju odvijanje procesa humifikacije i dehumifikacije zauzimajući centralno mjesto u kruženju neophodnih hranjivih makro i mikroelemenata (Mrkovački, 2012.). U procesima humifikacije i dehumifikacije najveća uloga pripada bakterijama i gljivama heterotrofne prirode, oni su odgovorni za biorazgradnju i kruženje tvari. Na raspored mikroorganizama najviše utječu ekološki čimbenici primjerice temperatura, vlaga, organska tvar... Najveća brojnost i aktivnost je u sloju tla od 0-30 cm gdje ima i najviše organske tvari, dovoljno vlage i kisika (Milaković, 2013.). Tu su najviše zastupljeni aerobni mikroorganizmi čija aktivnost je i najvažnija za biljnu proizvodnju. Dublji slojevi tla su siromašniji hranjivim tvarima, ekološki uvjeti su nepovoljniji te je brojnost mikroorganizama manja. Brojnost mikroorganizama smanjuje se povećanjem nadmorske visine. U tlima na većoj nadmorskoj visini manje je organske tvari, tla su plića, veće je variranje ekoloških čimbenika, slabija je vegetacija, manja su ulaganja ljudskog rada, a sve to utječe na smanjenje broja mikroorganizama.

Mikroorganizmi na plodnost zemljišta mogu utjecati direktno i indirektno. Direktno djelovanje uključuje procese izumiranja i mineralizacije mikroorganizama, pri čemu u zemljištu ostaju biljna hraniva. Indirektno djelovanje obuhvaća sudjelovanje mikroorganizama u mineralizaciji biljnih i životinjskih ostataka u tlu i razlaganju teže razgradivih minerala (Barea et al., 2005.). S obzirom da većina mikroorganizama koji žive u tlu za svoje potrebe zahtijeva organske izvore hranjivih tvari i energije, pravilo je da tla s većim sadržajem organske tvari sadrže i veći broj mikroorganizama (Bo et al., 2007.). Brojnost i mikrobiološka aktivnost u rizosferi ovise o količini i sastavu korijenskih izlučevina, habitusa i starosti korijena (Dobbelaere i sur., 2003.). Zastupljenost mikroorganizama u rizosferi je različita, najveći je broj amonifikatora, zatim celulolitičkih bakterija, gljiva i fiksatora dušika (Hu et al., 1999.).

Broj ovih mikroorganizama se smanjuje ukoliko je zona udaljenija od korijena biljke. Dinamika ispitivanih grupa mikroorganizama u pojedinim zonama ukazuje na postojanje specifičnih odnosa između mikroorganizama različitih grupa, kako u istoj zoni, tako i između različitih zona (korijenska, prikorijenska, rizosfera, tlo) (Hu i sur., 1999.). Singh i Ram (1987.) ističu da postoji pozitivna korelacija između ukupnog broja mikroorganizama u zemljištu i aktivnosti enzima dehidrogenaze. Novija istraživanja ukazuju kako brojnost i enzimatska aktivnost mikroorganizama ne moraju uvijek biti u pozitivnoj korelaciji, jer faktori sredine više utiču na brojnost nego na samu aktivnost mikroorganizama (Singh i

Rengel, 2007.). Rezultati istraživanja Mrkovački i sur. (2012.) se podudaraju sa istraživanjima Liang i sur. (2003.) koji su istraživali brojnost i kvalitativni sastav mikroorganizama u rizosferi kukuruza uzgajanog u monokulturi, poslije graška na tlu tipa černozem. Istraživanjem je utvrđeno da je najveća brojnost celulolitskih mikroorganizama, aminoheterotrofa, gljiva i miksobakterija bila u rizosferi kukuruza uzgajanog u monokulturi i da im brojnost raste na kraju vegetacije.

Nadalje, dugogodišnjim uzgojem biljaka bez gnojidbe smanjuje se prinos kao i mikrobiološka aktivnost, ali je u plodoredu ipak viša nego u monokulturi. Pored toga variranje brojnosti pojedinih grupa mikroorganizama u tlu ovisi i od godine, što pokazuje da i vremenski uvjeti tijekom uzimanja 6 uzorka i tijekom vegetacije mogu značajno doprinijeti njihovoj aktivnosti (Mrkovački i sur., 2012.). Bakterije koje potiču rast biljaka (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) su bakterije koje žive slobodno u tlu a pozitivno utječu na rast biljaka. Definiraju se kao bakterije koje poboljšavaju biljni rast i sposobne su to činiti time što koloniziraju korijen biljaka. Također bakterije koje promiču rast biljaka se nazivaju i rizobakterije koje poboljšavaju zdravlje biljaka (PHPR, Plant Health Promoting *Rhizobacteria*) ili bakterije koje poboljšavaju nodulaciju (NPR, Nodule Promoting *Rhizobacteria*). U tom smislu korištenje bakterija koje potiču rast biljaka pronašlo je potencijalnu ulogu u razvoju održivih sistema biljne proizvodnje (Sturz i Nowak, 2000.; Shoebitz i sur., 2009.). Prema odnosima s biljkama, bakterije koje potiču rast biljaka se mogu podijeliti u dvije grupe: simbiotske bakterije i one koje su slobodne u rizosferi (Khan, 2005.). Također se mogu podijeliti u dvije grupe prema mjestu gdje su locirane odnosno koje žive unutar biljne stanice, formiraju kvržice i smještene su unutar tih specijaliziranih struktura i koje žive van biljnih stanica i ne formiraju kvržice, ali ipak potiču biljni rast (Gray i Smith, 2005.). Somers i sur. (2004.) podijelili su bakterije koje potiču rast biljaka prema njihovoj aktivnosti na: biofertilizatore (povećavaju dostupnost hranljivih tvari biljkama); fitostimulatore (stimuliraju rast biljaka putem produkcije hormona); rizomedijatore (razlažu organske polutante) i biopesticide (kontroliraju bolesti biljaka produkcijom antibiotika i antifugalnih metabolita). Različite se bakterije koje potiču rast biljaka danas koriste širom svijeta u cilju povećanja biljne proizvodnje (Burd i sur., 2000.). Bakterije koje potiču rast biljaka su predmet mnogobrojnih istraživanja, čiji je glavni cilj pronalaženje adekvatnog načina njihove primjene u poljoprivredi, hortikulturi, šumarstvu i zaštititi životne sredine (Zahir i sur., 2004.). Primjenom bakterija koje potiču rast biljaka smanjuje se mogućnost toksikacije zemljišta i podzemnih voda, povećava se

sadržaj organske tvari zemljišta povećanjem brojnosti i aktivnosti mikroorganizama u rizosferi kultiviranih biljaka, i postiže se visok ekonomski efekt uštedom čistog dušika u količini od 30-60 kg /ha. Mikroorganizmi koji izazivaju pozitivan efekt na biljke ubrajamo u korisnu mikrobnu populaciju rizosfere. Najznačajniji korisni mikroorganizmi rizosfere su: biološki fiksatori, fosfomobilizatori i mikorizne gljive.

S obzirom na mehanizme djelovanja, bakterije koje potiču rast biljaka možemo podijeliti na : biofertilizatore, biostimulatore i biopesticide (Spaepen et al., 2007.).

Tablica 1. Podjela PGPR s obzirom na mehanizme djelovanja.

PGPR	**Definicija**	**Mehanizam djelovanja**
Biofertilizatori	Sadrže žive mikroorganizme koji kada se primjenjuju na sjeme biljke poboljšavaju rast biljaka kroz povećanu opskrbu primarnih hraniva za biljku domaćina.	Biološka fiksacija dušika Upotreba netopivog fosfora
Fitostimulatori	Biljne aminokiseline i aktivatori prirodne otpornosti za biljni razvoj i prinos, te otpornost biljke.	Proizvodnja fitohormona
Biopesticidi	Mikroorganizmi za bolji rast biljaka, djeluju na patogene.	Proizvodnja antibiotika Proizvodnja enzima

Izvor: https://repozitorij.pfos.hr/islandora/object/pfos%3A73/datastream/PDF/view

3. MIKROORGANIZMI KAO ZAMJENA ZA MINERALNA GNOJIVA

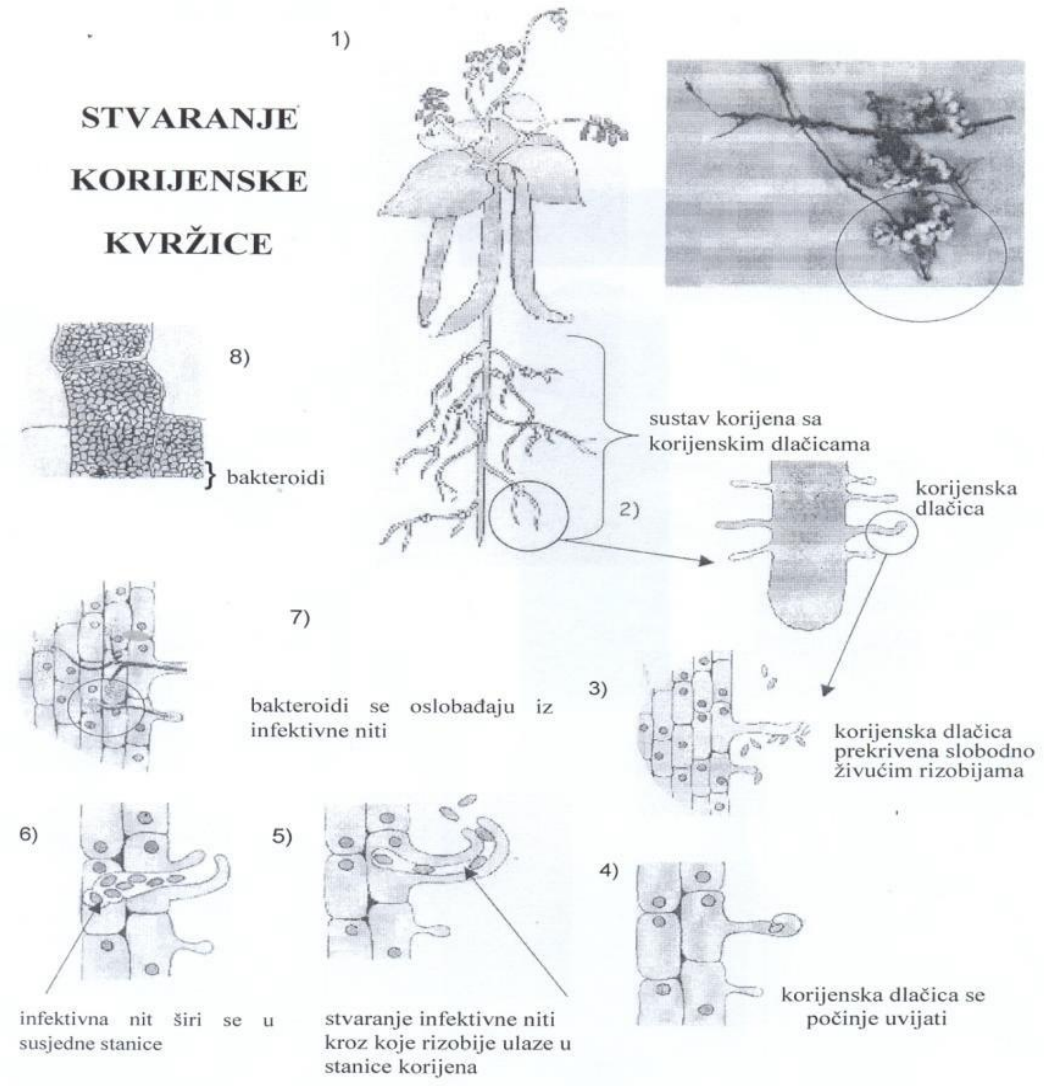
3.1. NITROFIKSIRAJUĆI MIKROORGANIZMI

3.1.1. SIMBIOTSKI FIKSATORI

U simbiotskoj biološkoj fiksaciji elementarnog dušika sudjeluju mikroorganizmi koji žive u simbiozi s leguminozama – kvržične bakterije. Beijerinck je 1888. godine prvi pokazao da noduli na korijenu leguminoza sadrže bakterije koje fiksiraju atmosferski dušik. Najznačajniji tip simbiotske fiksacije dušika za poljoprivredna tla je fiksacija dušika koja nastaje kao rezultat simbioze između bakterija iz rodova *Rhizobium, Bradyrhizobium, Sinorhizobium, Azorhizobium i Mesorhizobium* s većinom biljaka iz porodice *Leguminosae* (Topol i Kanižai Šarić, 2013.). Kvržične bakterije nalazimo u tlu, imaju štapičasti oblik, slobodno žive i ne fiksiraju dušik. Sudjeluju u međusobnom prepoznavanju, infekciji, nodulaciji te odvijanju samog procesa fiksacije dušika iz atmosfere. Za poljoprivrednu proizvodnju vrlo je značajna simbioza kvržičnih bakterija iz rodova *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*i mahunarki čime se biološki veže atmosferski dušik koji se odmah koristi za sintezu bjelančevina i na taj se način sprječava opasnost od onečišćenja podzemnih voda nitratima koja se inače javljaju kod intenzivne primjene mineralnih dušičnih gnojiva s toga će ovi rodovi biti i detaljnije i prikazani.

3.1.1.1. *Rhizobium i Bradyrhizobium*

Rhizobium (gr. rhiza-korijen, bios-život, tj. život na korijenju) su bakterije koje su štapićastog oblika, žive slobodno u tlu i ne fiksiraju dušik. Opisane su kao Gram-negativne bakterije, vrlo pokretljive. Prva poznata vrsta identificirana je 1889. godine pod nazivom *Rhizobium leguminosarum*, i sve druge naknadno identificirane vrste su postavljene u rod *Rhizobium*. Međutim, naprednim metodama analiza je mijenjana ova klasifikacija i sada postoji mnogo drugih rodova. Rhizobium bakterije ne mogu samostalno fiksirati dušik pa im je potrebna biljka domaćin za simbiozu. Ove bakterije su zemljišne bakterije koje imaju sposobnost uspostavljanja simbiotskog odnosa s leguminoznim biljkama pri čemu se stvaraju kvržice na korijenu leguminoza kao posljedica infekcije ovim bakterijama. U nodulama se uz pomoć enzima nitrogenaze vrši usvajanje atmosferskog dušika i prevođenje u oblike pristupačne biljkama i višim mikroorganizmima (Sarić i sur., 1993.).



Slika 1. Stvaranje korijenske kvržice

Izvor: Inertna skripta Mikrobiologija, Milaković 2013.

Nakon što se zasije leguminoza pozitivnim kemotaksisom dolazi do kontakta između korijena i bakterije. Bakterije prodiru u tkivo korijena, množe se i stvaraju infektivnu nit s kojom prodiru sve do centralnog cilindra korijena (Slika 1.). Nadražuju okolne stanice i stvaraju kvržice u kojima se razmnožavaju. U početku dok prodiru u tkivo leguminoza bakterije se ponašaju kao paraziti, od biljke koriste gotovu hranu, ali kad dođe do nodulacije (stvaranja kvržica) onda počinju fiksirati elementarni dušik i u obliku amonijaka ga predaju biljci. Tada se uspostavlja mutualistički simbiotski odnos. Krajem vegetacije korijen i nodule se raspadaju a bakterije dolaze u tlo. One jedan dio života provode u tlu, a

drugi u simbiozi s leguminozama. Pored toga što fiksiraju dušik kvržične bakterije izlučuju u tlo poliuronide koji doprinose sljepljivanju čestica tla, stoga se nazivaju popravljačice strukture tla.



Slika 2. Izgled korijenske kvržice na korijenu soje.
Izvor: http://tloznanstvo.com.hr/nitrobakterin.html

Primjenom rizobakterija koje fiksiraju atmosferski dušik kao biognojiva u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji zadovoljavaju se osnovni principi u sustavu integralne poljoprivrede i kontrole plodnosti zemljišta, kao i principi zdravlja, ekologije i ekonomske isplativosti. Ova grupa mikroba osim toga utječu stimulativno na rast biljaka produkcijom bioloških tvari (vitamina, hormona, giberelina i auksina). Za naša tla važna je i vrsta *Rhizobium meliloti* koja živi u simbiozi sa lucernom. Lucerna je višegodišnja biljka pa se proces biološke fiksacije dušika neprekidno odvija, te su velike i količine fiksiranog dušika, oko 290 kg ha-1 godišnje. *R. meliloti* je osjetljiva na pH tako da je u tlima sa pH

ispod 6 malobrojna, a ispod pH 5,5 je nema. Kvržice su elipsoidne ili koraljne, raspoređene po cijelom korijenu. Kod starijih biljaka više ih ima na bočnim mlađim korijenima dok na centralnom korijenu dolazi do njihovog propadanja. Kanižai i sur. (2007.) su u dvogodišnjim poljskim pokusima komparacije parametara neinokulirane i inokulirane lucerne s efektivnim sojem *Sinorhizobium meliloti* u ekološkom uzgoju zaključili da je prinos zelene mase, prinos suhe tvari, koncentracija N (% ST) i prinos bjelančevina značajno veći u inokulirane lucerne negoli u lucerne koja nije inokulirana s visokoefektivnim sojem kvržičnih bakterija. Istraživači su zaklučili kako je predsjetvena inokulacija sjemena lucerne s efektivnim sojem Sinorhizobium meliloti neophodna u ostvarivanju većih, održivijih prinosa, osim toga dušik fiksiran kroz korjenske nodule leguminoznih biljaka je jeftiniji, prirodniji i učinkovitiji u iskorištavanju od strane biljke domaćina.

Bradyrhizobium vrste su Gram-negativni bacili s jednim subpolarnim ili polarnim bičem (Saharan i Nehra, 2011.). Kao i *Rhizobium vrste, Bradyrhizobium* vrste imaju sposobnost fiksacije atmosferskog dušika i prevođenja u pristupačni oblik koji je dostupan za korištenje i za druge organizme. *Bradyrhizobium* vrste pripadaju u sporo rastuće sojeve za razliku od Rhizobium vrsta, koje se smatraju brzo rastućim sojevima (Saharan i Nehra, 2011.). Generacijsko vrijeme kod *Bradyrhizobium* spp. je preko 6 sati, zatim nastaju manje kolonije oko 1 mm na površini hranjive podloge nakon 7 dana uzgoja u laboratoriju, dok kod *Rhizobium* vrste generacijsko vrijeme je od 2 do 4 sata i nastaju velike kolonije promjera 2-4 mm na površini agara nakon tri do pet dana uzgoja u laboratoriju (Saharan i Nehra, 2011.).

3.1.2. NESIMBIOTSKI FIKSATORI

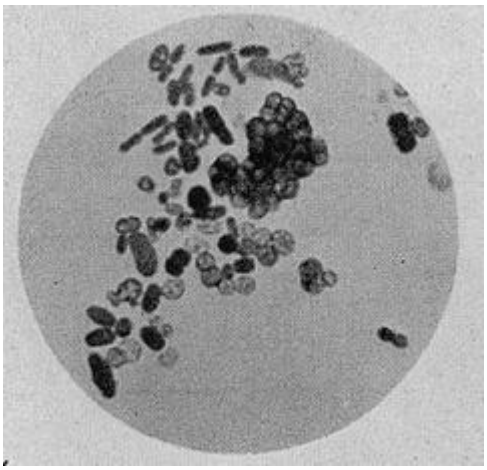
Nesimbiotskim fiksiratorima pripadaju bakterije roda *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Klebsiella,* koje se koriste za inokulaciju neleguminoznih biljaka kao što su primjerice kukuruz, pšenica, krumpir, šećerna repa i suncokret (Milošević i Govedarica, 2001.). To su mikroorganizmi koji žive slobodno u rizosferi biljke. Također su sposobni fiksirati atmosferski dušik te ga ostavljaju u tlu ili vodi gdje ga koriste biljke i drugi mikroorganizmi za svoj rast. Inokulacijom sa ovim fiksatorima dušika moguće je povećanje prinosa ratarskih biljaka (Milošević i Govedarica, 2001.). Istraživanja primjene nesimbiotskih fiksatora (*Azotobacter, Azospirillum, Pseudomonas, Klebsiella* i dr.) kao

biofertilizatora u proizvodnji pšenice, kukuruza i šećerne repe pokazuju da, u ovisnosti od soja, postoji mogućnost zamjene mineralnog dušika od 20-60 kg po hektaru (Milošević i sur., 2003.).

3.1.2.1.Rod *Azotobacter*

Bakterije roda *Azotobacter* pripadaju nesimbiotskim fiksatorima i slobodno žive u rizosferi tla. Sposobne su fiksirati atmosferski dušik i ostavljaju ga u tlu ili vodi gdje ga koriste biljke i drugi organizmi za svoj rast. Inokulacijom s ovim fiksatorima dušika moguće je povećanje prinosa ratarskih biljaka (Milošević i Govedarica, 2001.). Istraživanja primjene nesimbiotskih fiksatora *Azotobactera* kao biofertilizatora u proizvodnji pšenice, kukuruza i šećerne repe pokazuju da u ovisnosti od soja, postoji mogućnost redukcije mineralnog dušika od 20-60 kg/ha.

Rod *Azotobacter* je Gram-negativna bakterija koju nalazimo u neutralnim i alkalnim tlima (Gandora i sur., 1998; Martyniuk, 2003.) i u vodi (Tejera i sur., 2005; Kumar i sur., 2007.). Stanice su velike i ovalne 1,5-2,0 μm u promjeru. Javljaju se pojedinačno, u parovima ili nepravilnim oblicima a ponekad i u lancima različitih duljina. Raspon pH za rast ovih bakterija je 4,8-8,5. Azotobacter može koristiti nitrate i amonijeve soli i neke aminokiseline kao izvor dušika.



Slika 3. *Azotobacter* spp.

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Azotobacter



Slika 4. Azotobacter na hranjivoj podlozi

Izvor: http://agritech.tnau.ac.in/org_farm/orgfarm_biofertilizertechnology.html

Bakterije iz roda *Azotobacter* su slobodnoživući organizmi koji usvajaju dušik iz atmosfere i u uskoj su vezi s korijenjem biljaka. U odgovarajućim uvjetima, ove bakterije mogu unaprijediti razvoj biljaka i promicati prinos kod većine poljoprivrednih kultura. Koristi biljaka od bakterija ovog roda su poboljšanja u razvoju korijena, biološka fiksacija dušika, dislociranje patogenih gljiva i bakterija iz rizosfere korijena te povećanje usvajanja vode i mineralnih hranjiva.

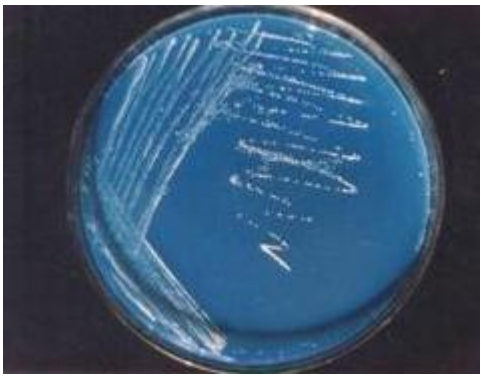
Istraživanja pokazuju da je *Azotobacter* najosjetljivija grupa mikroba na primjenu herbicida, te može biti pouzdan bioindikator biogenosti tla.

Azotobacter sadrži više DNK nego li većina drugih bakterija, ali je njihova veličina genoma tipična za većinu prokariota. Pravi razlog iznadprosječnog iznosa DNK nije poznat.

Ovaj rod sadrži vrste koje imaju višestruku pozitivnu ulogu zbog toga što vrše atmosfersku fiksaciju dušika, utječu na ekološku ravnotežu u agro-ekosustavima, sudjeluju u proizvodnji fitohormona i razgrađuju otrovne spojeve.

3.1.2.2.*Rod Azospirillum*

Rod *Azospirillum* su Gram-negativne bakterije, imaju oblik štapića, promjera su 1 μm, te su vrlo pokretne. Pokretan u tekućim medijima sa jednim polarnim bičem. Ova skupina obuhvaća deset vrsta a svaka je klasificirana prema biokemijskim i molekularnim karakteristikama.: *A. lipoferum* i *A brasilense* (Tarrand i sur., 1978.), *A. mazonense* (Magalhaesi i sur., 1983.), *A. halopraeferens* (Reinhold i sur., 1987.), *A. irakense* (Khammas i sur., 1989.), *A. largimobile , A. doebereinerae* (Eckert i sur., 2001.), *A. oryzae* i *A. canadensis.*



Slika 5. *Azospirillum* spp.

http://agritech.tnau.ac.in/org_farm/orgfarm_biofertilizertechnology.html

Azospirillum brasilense fiksira atmosferski dušik u zoni korijena, obogaćujući tlo dušikom. Također producira hormone rasta auksine i citokinine koji utječu na morfologiju korijena, a time i poboljšavaju unos hranjivih tvari iz tla (Barea i sur., 2005.). Poboljšava klijavost, povećava imunitet biljke i prinos (El-Katatny, 2009.). *Azospirillum* spp. je jedan od najčešćih diazotrofa u rizosferi i koristi se kao inokulant u proizvodnji kukuruza. U istraživanjima Mrkovači i sur. (2012.) dokazano je da koristeći *A. lipoferum* i *A.indigens* kao inokulant, oni utječu na povećanje prinosa kukuruza. Gholami i sur. (2009.) su ispitali utjecaj šest sojeva bakterija koje potiču rast biljaka na klijanje, rast i prinos biljaka kukuruza. Svi sojevi izuzev *Azospirillum lipoferum* povećali su klijavost sjemena za 18,5% u odnosu na kontrolu. Poljski i laboratorijski pokusi su pokazali da diazotrofi značajno utječu na povećanje

kvalitete zrna, biomasu, sadržaj dušika u zemljištu i na prinos. U radu El-Katatny (2009.) ispitan je utjecaj rizosferne bakterije *Azospirillum brasilense* koja potiče rast biljaka, te plijesni *Trichoderma harzianum* T24, koja se upotrebljava za biološko suzbijanje štetnika, na proizvodnju enzima, fiksaciju dušika te njihovu ulogu u stimulaciji rasta mladica rajčice. Mikroorganizmi su inokulirani u obliku slobodnih ili imobiliziranih zrna. Sva su svježe pripremljena zrna imala veću sposobnost enkapsulacije (EC/%) od suhih zrna, a enkapsulacija nije znatno utjecala na proizvodnju enzima. Zrna sa stanicama bakterija ili plijesni uspješno su korištena u tri uzastopna ciklusa 17 rasta u svježoj sterilnoj podlozi, pri čemu se poboljšala proizvodnja enzima. Zajedničkim je uzgojem *A. brasilense* i *T. harzianum* (slobodnih ili imobiliziranih), u polučvrstoj podlozi bez dušika, omogućena fiksacija dušika i nakon dodavanja pektina, hitina ili karboksimetil celuloze. Dodatkom ovih izvora ugljika u sterilnu zemlju povećavala se fiksacija dušika, bilo uporabom suhih enkapsuliranih zrna *A. brasilense*, bilo primjenom *A. brasilense* uz plijesan *Trichoderma* ssp. Primjenom svih vrsta inokuluma povećan je rast mladica rajčice, a prisutnost *A. brasilense* ubrzala je razvoj korijenja. Koinokulacija bakterije *Azospirillum* ssp. s drugim mikroorganizmima ima veliku mogućnost primjene u obogaćivanju tla i pospješivanju rasta biljaka (El-Katatny, 2009.).

4. MIKROORGANIZMI KAO ZAMJENA ZA KEMIJSKE PESTICIDE

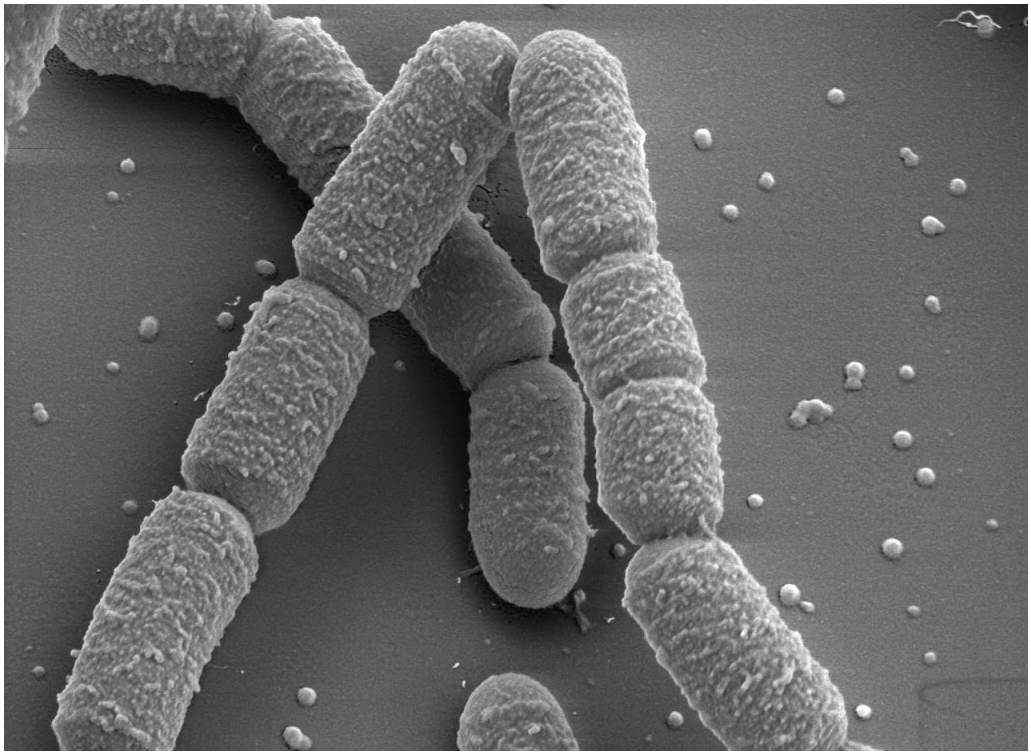
4.1. Fosfomobilizatori

Fosfor je glavni element u nukleinskim kiselinama i staničnoj membrani. Jedan je od ograničavajućih faktora za primarnu proizvodnju u vodenim ekosustavima. Biljke ga asimiliraju u formi fosfata. Ciklus fosfora je manje složen od ciklusa dušika. Fosfor se smatra ključnim elementom u kruženju energije u stanici, ulazi u sastav koenzima koji imaju veliku funkcionalnu važnost. Za ishranu biljaka od velike važnosti je dinamika odvijanja procesa mineralizacije i imobilizacije, a koji su pod kontrolom mikroorganizama (Cross i Schlesinger, 1995.). Fosfomobilizatori su mikroorganizmi koji imaju sposobnost oslobađanja fosfata odnosno oslobađaju fosfor iz anorganskih spojeva primjerice iz kalcijevog fosfata. Fosfomobilizatori su i mikroorganizmi koji koriste ortofosfate za svoj rast u uvjetima kada se mineralizira organska tvar sa malom količinom fosfora. Mikrobiološki fosfor podliježe mineralizaciji do oslobađanja ortofosfata čija sudbina zatim ovisi o ekološkim uvjetima i svojstvima tla (Hajnal i sur., 2004.). Bakterije koje sintetiziraju fosfataze (*Bacillus* ssp., *Pseudomonas* spp., *Azotobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Serratia* spp., *Streptomyces* spp.) naseljavaju korijen biljaka i značajno utječu na mineralizaciju organskih spojeva fosfora na njegovoj površini i mogu se koristiti u poljoprivrednoj proizvodnji kao zamjena fosfornih mineralnih gnojiva (Okon and Hadar, 1987-cit. po Đorđević i sur. 2000.). Najučinkovitiji mikroorganizmi koji se ubarajaju u skupinu fosfomobilizatora su među bakterijama: *Bacillus* spp. i *Pseudomonas* ssp., te među gljivama *Aspergilus* spp. i *Penicillium* spp.

4.1.1. Rod *Bacillus*

Štapićaste bakterije ili bacili (lat. bacillus – štapić) mogu biti različite duljine i promjera. Ako se nakon diobe štapići ne razdvajaju, zovu se diplobacili (u paru), streptobacili (lanac) ili palisade (poredani usporedno) (Saharan i Nehra, 2011.). Vrste roda *Bacillus* su aerobi ili fakultativni anaerobi, mnogi od njih proizvode enzime i antibiotike. Efektivnost bakterizacije ovim rodom ovisi o vrsti i soju bakterija, hibrida kukuruza kao i godini istraživanja (Hajnal i sur., 2004.). Bakterizacija sjemena kukuruza, s pojedinačnim i

združenim sojevima *A. chroococcum* i *Bacillus megaterium*, izazvala je povećanje mikrobiološke aktivnosti i povećanje prinosa kod oba ispitivana hibrida kukuruza. Istraživanja pokazuju da je selekciju *A. chroococcum* i *B. megaterium* potrebno vršiti na nivou genotipa biljke, kako bi se za svaki hibrid odabrali najefektivniji sojevi. Primjenom bakterizacije u proizvidnji kukuruza može se dobiti jeftinija i ekološki visoko kvalitetna hrana. Rezultati istraživanja pokazuju da su ispitivani sojevi *A. chroococcum* i *B. megaterium*, pojedinačno i združeno, dijelovali uglavnom stimulativno, povećavajući aktivnost dehidrogenaze u rizosfernom zemljištu (Hajnal i sur., 2004.). Po Govedarici i sur. (1999.) inokulacija sjemena kukuruza sa *B. Megaterium* utječe pozitivno na dužinu, masu i sadržaj dušika u biljci kao i na sadržaj fosfora i dušika u tlu.



Slika 6. *Bacillus megaterium.*

Izvor: https://www.tu-braunschweig.de/ifm/abt/jahn/groups/bm

U istraživanjima Yazdani i sur., (2009.) utvrđeno je da bakterizacijom sa fosfat otapajućim mikroorganizmima (PSM, Phosphate Solubilization Microorganisms) i 20 bakterijama koje potiču rast kod kukuruza značajno povećava porast kukuruza i prinos zrna, te da može smanjiti upotrebu fosfornih mineralnih gnojiva do 30%. Inokulacija sjemena kukuruza

mikroorganizmima koji proizvodi fosfataze (*Bacillus, Pseudomonas, Azotobacter, Enterobacter, Serratia, Streptomyces*) utječe na aktivnost fosfomonoesteraza u njihovoj rizosferi, kao i na sadržaj ukupnog dušika i fosfora i na taj način na povećanje pristupačnog fosfora i prinosa biljaka.



Slika 7. *Bacillus* spp.

Izvor: http://engl105spring2016.web.unc.edu/2016/02/bacillus-spp-a-bacterium-that-kills-nematodes/

4.1.2. Rod *Pseudomonas*

Pseudomonas fluorescens pripada štapićastim, asporogenim, Gram-negativnim bakterijama, koje su kao saprofitni oblici široko rasprostranjene u tlima i vodama. Promjer bakterije je 0,5-1,0 μm u dužinu, rastu prilično brzo. Pokreću se uz pomoć jednog ili više polarnih bičeva (Migula, 1894.). Ime ove bakterije dolazi od njegove proizvodnje topivog fluorescentnog pigmenta. Ovi mikrobi imaju više polarnih bičeva za promicanje i koriste siderofore za pomoć u prikupljanju željeza (Slika 8.) i borave oko korijena biljaka ili usjeva. Ove bakterije dobivaju određene hranjive tvari iz biljaka koje se nalaze u

neposrednoj blizini, a za uzvrat, pomažu biljkama na nekoliko načina. Oni uništavaju određene vrste toksina i zagađivača, uključujući stiren, policikličkine aromatske ugljikovodike i trinitrotoluen (TNT). Oni također mogu zaštititi biljke od uzročnika infekcija stvaranjem sekundarnih metabolita kao što su antibiotici i vodikov cijanid koji ubijaju druge bakterije i gljivice. Teoretski bi *P. fluorescens* mogla biti dobra alternativa sintetičkim pesticidima zbog svoje toksičnosti na ličinke i kukuljice vektorskih komaraca, dva glavna problema u poljoprivrednoj praksi. *Pseudomonas* spp. povećava topivost anorganskih oblika fosfora oko aktivne zone korijena. Mobiliziraju fosfor i poboljšavaju tlak biljke i prinos za 15 – 29% (Migula, 1894.). Pozitivno djeluju na sve poljoprivredne kulture, a vrlo su učinkovite kada se primjenjuju s rizobium bakterijama.



Slika 8. *Pseudomonas fluorescens*

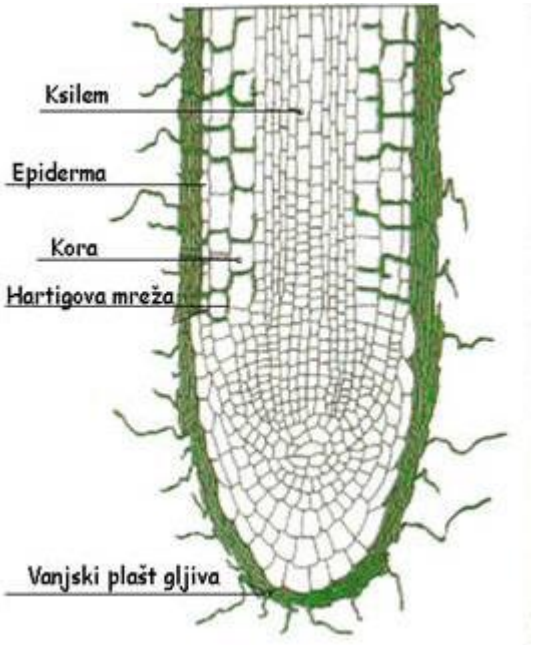
Izvor: http://organicsoiltechnology.com/pseudomonas-fluorescens-phosphate-solubilization.html

Prema istraživanjima Đorđević i sur. (2000.) inokulacija sjemena kukuruza s benefitnom bakterijom *Pseudomonas fluorescens*utječe pozitivno na dužinu biljaka, masu suhe tvari korijena i nadzemnog dijela biljke. Također, bakterizacija sjemena kukuruza utječe na povećanje količine fosfora u korijenu, dok je u nadzemnom djelu biljke količina fosfora manja ili na nivou kontrole. Svi ispitani rodovi *Bacillus, Microococcus, Enterobacter, Serratia, Pseudomonas* i *Flavonobacterium* utječu na povećanje ukupnog fosfora u

biljkama kukuruza, a povećanja preko 100 % u prosjeku izazvali su *Bacillus* (soj 26), *Pseudomonas* spp. i *Flavobacterium* spp. *Pseudomonas* spp. posjeduju mnoge osobine koje ih čine dobrim biokontrolnim agensima (Weller, 1988.). Te osobine su odlika sposobnosti da ubrzano rastu u proizvodnji in vitro, te se mogu brzo iskoristiti za masovnu proizvodnju (Weller, 1988.). Proizvode i široki spektar bioaktivnih metabolita kao što su antibiotici, siderofori, hlapljive tvari. Prilagođavaju se stresnom okolišu i agresivno se natječu s drugim mikroorganizmima (Weller, 1988.). Prema Kloepper i sur. (2004.), primjena *Pseudomonas* spp. može povećati prinos biljke i za 144%.

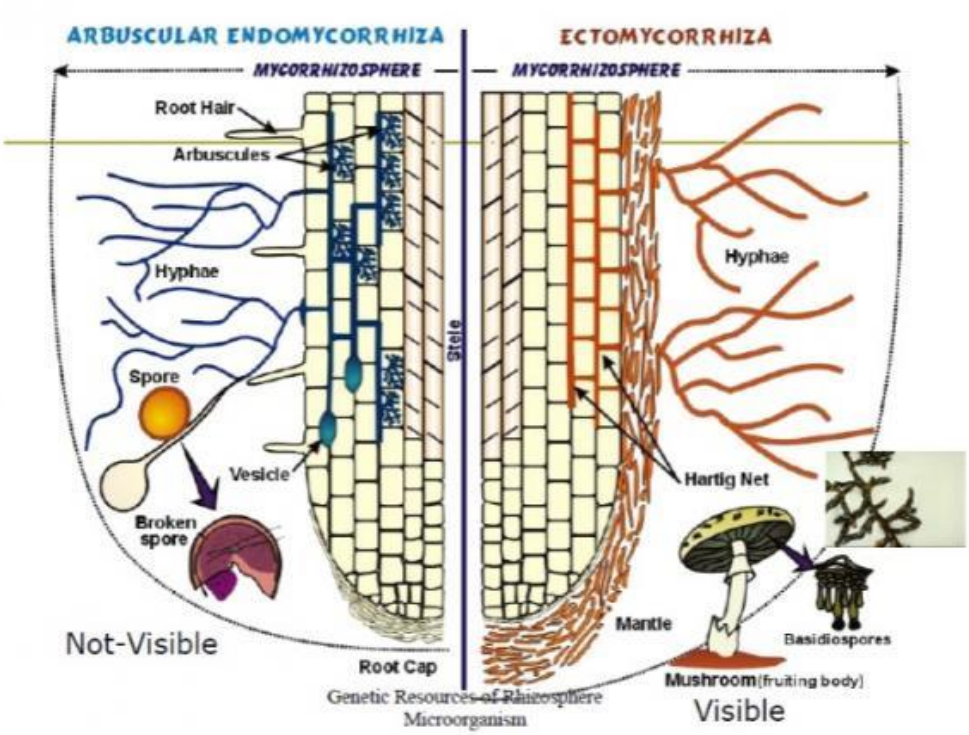
4.2. MIKORIZE

Mikorize su visoko razvijene, mutualističke zajednice između gljiva i korijenja biljaka u tlu (Brundrett, 2009.). Naziv mikoriza u doslovnom prijevodu znači "gljivino korijenje". Korjenove dlačice su većeg obujma za razliku od hifa koje su tanje i mogu ući u najsitnije pore u tlu te se povećava učinkovitost upijanja hranjivih tvari i vode (Slika 9.). Zbog mogućnosti lakšeg primanja hranjiva iz tla mikoriza je vrlo važna za kruženje hranjiva u prirodi. Mosse (1975.), je sugerirao da se mikoriza ne smije smatrati samo kao odnos biljka - gljiva, već kao odnos biljka-gljiva-tlo. Mikorize imaju važnu ulogu u razgradnji detritusa ali povećavaju i njegovu sposobnost uzimanja hranjiva iz tla, tako što prodiru u veći volumen tla i povećavaju ukupnu površinu biljke koja je aktivna za asimilaciju hranjiva (Smith i Read, 2008.). Mikorize imaju sposobnost skladištenja vode što omogućuje opskrbu biljke tijekom sušnog razdoblja. Prednosti mikorize su zdraviji i gušći korijenski sustav, veći i brojniji urod, smanjenja potreba za zalijevanjem i gnojidbom, veća otpornost na sušu, smanjenja potreba za navodnjavanjem te zaštita od bolesti (Smith i Read, 2008.). Inokulacijom mikoriznih gljiva na korijen viših biljaka ostvaruje se prijenos mikrobiološki vezanog dušika i na biljke koje ne pripadaju porodici leguminoza (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).



Slika 9. Hife gljiva obavijaju korijen i prodiru u međustanične prostore kore, gdje tvore Hartigovu mrežu.

Izvor: http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor443.htm



Slika 10. Grafički prikaz ekto i endomikorize.

Izvor: http://www.agroklub.com/sumarstvo/tlo-i-mikorizne-gljive/16246/



Slika 11. Uzorak korijena s mikoriznom gljivom.

https://www.google.hr/search?q=inokulacija+sjemena+kukuruza+sa+B.+megaterium&biw=1600&bih=799&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj469fpwYzPAhWDvxQKHbGPCywQ_AUIBigB#tbm=isch&q=korijen+s+mikorizom&imgrc=Vyl2fpLiVz7liM%3A

Mikorize imaju sposobnost skladištenja vode što omogućuje opskrbu biljke tijekom sušnog razdoblja. Prednosti mikorize su zdraviji i gušći sustav korijena, veći i brojniji urod, smanjena potreba za zalijevanjem i gnojidbom, veća otpornost na sušu, smanjena potreba za navodnjavanjem te zaštita od bolesti (Smith i Read, 2008.).

Inokulacijom mikoriznih gljiva na korijen viših biljaka ostvaruje se prijenos mikrobiološki vezanog dušika i na biljke koje ne pripadaju porodici leguminoza (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

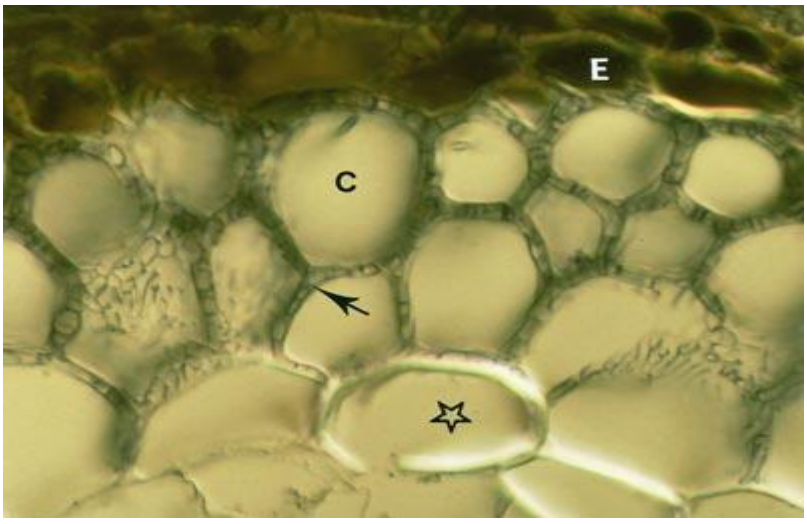
Mikorizne gljive luče hormone rasta koji potiču korijenje na rast i grananje te enzime koji omogućavaju uzimanje minerala iz organskih oblika. Također proizvode i antibiotike te štite biljke od patogenih gljiva i bakterija u tlu, teških metala i soli.

4.2.1. Podjela mikoriznih gljiva

Prema načinu uspostave simbioze postoji više tipova mikorize: ektomikoriza i endomikoriza, te prijelazni oblik: ektoendomikoriza. Ektomikorizi je svojstveno da hife micelija izvana obavijaju korijenje, kod ektoendomikoriza micelij gljiva samo djelomično prodire u stanice korijena, dok kod endomikorize hife micelija prodiru u stanice te se u njoj ubrzano granaju (Draguzet, 2015.).

4.2.1.1. Ektomikoriza

Hife gljiva ne prodiru u stanice korijena biljke, ali ih okružuju čineći tzv. Hartigovu mrežu Slika(12.).



Slika 12. Hartigova mreža

Izvor: http://mycorrhizas.info/ecm.html

U ektomikorizi micelij formira gust omotač oko korijena. Hife se šire iz tog omotača u tlo i znatno povećavaju upijanje vode i minerala. Također, hife urastaju u srž korijena ali ne probijaju njegove stanice, već tvore mrežu u međustaničnim prostorima koja omogućava izmjenu nutrijenata između gljive i biljke. U usporedbi s "običnim" korijenjem, korijenje s

ektomikorizom je u pravilu gušće, veće i razgranatije (Slika 13.). Takvo korijenje ne razvija dlačice koje bi bile suvišne uz veliku površinu micelija, jer se rizosfera povećava do 1000 %. Ektomikorize su vrlo važne u poljoprivredi i šumarstvu (Novak, 1998.).



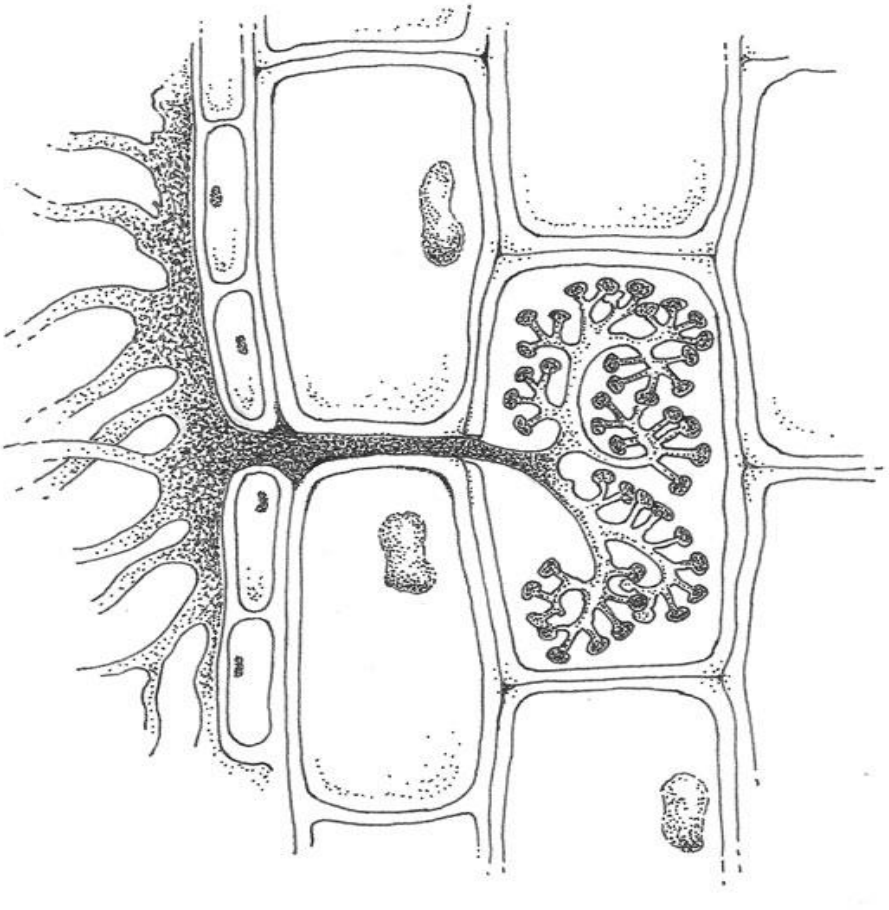
Slika 13. Korijen Paulownije obavijen ektomikorizom.
Izvor: http://paulovnija.hr/ektomikoriza/

Ektomikoriza je prisutna isključivo u drvenastim vrstama, posebno kod rodova *Fagus* i *Pinus*. Neki rodovi gljiva kao što su krasnice (*Russula*), pupavke (*Amanita*), vrganji (*Boletus*) i mliječnice (*Lactarius*) žive simbiotski. Oko korijena se nalazi "omotač" od micelija. Hife gljiva ne ulaze u same stanice, ali često oko njih čine Hartigovu mrežu. Ektomikoriza također olakšava apsorpciju fosfata (Novak, 1998.).

4.2.1.2. Endomikoriza

Endomikoriza je poznata pod nazivom vezikularno-arbuskularna mikoriza prema tvorevinama koje gljive tvore unutar stanica korijena biljke domaćina, a u tim tvorevinama

se odvija izmjena tvari. Hife nemaju poprečne membrane, što olakšava protok hraniva (Draguzet 2015.) (Slika 14.).



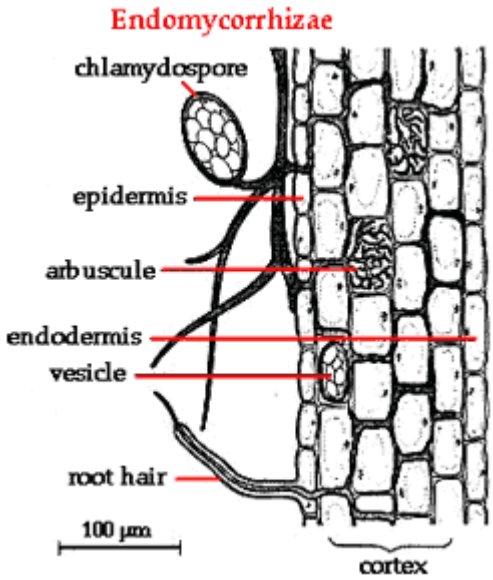
Slika 14. Endomikoriza.

Izvor: http://www.pacifichorticulture.org/articles/garden-allies-soil-microbes/

Endomikoriza se razlikuje od ektomikorize po tome što nema gust omotač oko korijena (Novak, 1998.). Takvo korijenje izgleda kao "normalno" s dlačicama i potreban je mikroskop da bi se vidjele sitne hife koje se šire iz korijena u tlo. Hife se šire unutar korijena ali ne probijaju membranu. Ovaj tip mikorize je puno češći od ektomikorize, pa ga nalazimo u simbiozi s više od 90% biljnih vrsta (Novak, 1998.). Endomikoriza se javlja i kod drvenastih i zeljastih biljaka. Endomikorize imaju vaţnu ulogu u jačanju biljke, rastu i prinosu jer povećavaju opskrbu fosfora u biljci domaćinu te ujedno povećavaju i otpornost

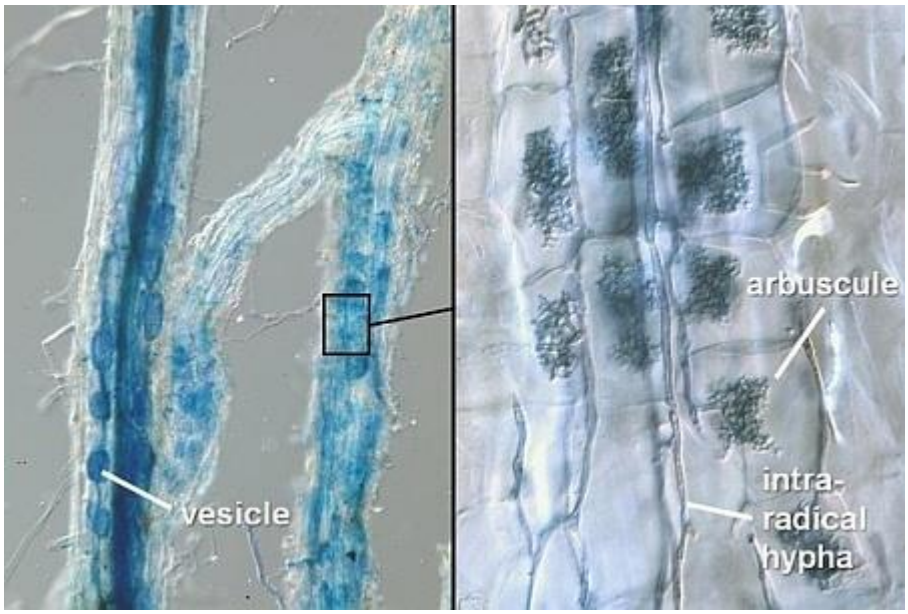
na stres i bolesti. Lako primjenjiva na povrtnim kulturama jer je većina povrtnih kultura (osim porodica *Brasicaceae* i *Chenopodiaceae*) sposobna uspostaviti takav tip simbioze.

Najčešći i najvažniji tip endomikorize je arbuskularna mikoriza (AM) ili vezikularno - arbuskularna mikoriza (VA) (Slika 15.).



Slika 15. Vezikularno – arbuskularna mikoriza.
Izvor: http://palaeos.com/plants/glossary/glossaryD.html

Uspostavljanje arbuskularne mikorize počinje izmjenom signala između gljive i biljke. Nakon toga dolazi do ekspresije gena za simbiozu te grananja hife i korijena. Kad hifa dođe do korijena na vrhu hife formira se apresorij, pomoću kojeg hifa ulazi u korijen sve do unutarnje kore gdje se u stanicama formiraju arbuskuli. Arbuskuli se koriste za razmjenu hranjivih tvari između biljaka i gljive (Novak, 1998.) ili grade strukture za skladištenje organskih tvari – vezikule (Slika 16.) (Smith i Read, 2008.). Vezikule predstavljaju hipertrofirane nitaste tvorevine micelija, vrećastog oblika i nalaze se na vrhu hife (Smith i Read, 2008.). Samo 80% vezikularno-arbuskularnih mikoriznih gljiva tvore vezikule (Peterson i sur., 2004.). One mogu biti intra ili intercelularne, a predstavljaju „organe“ za skladištenje rezervne hrane.



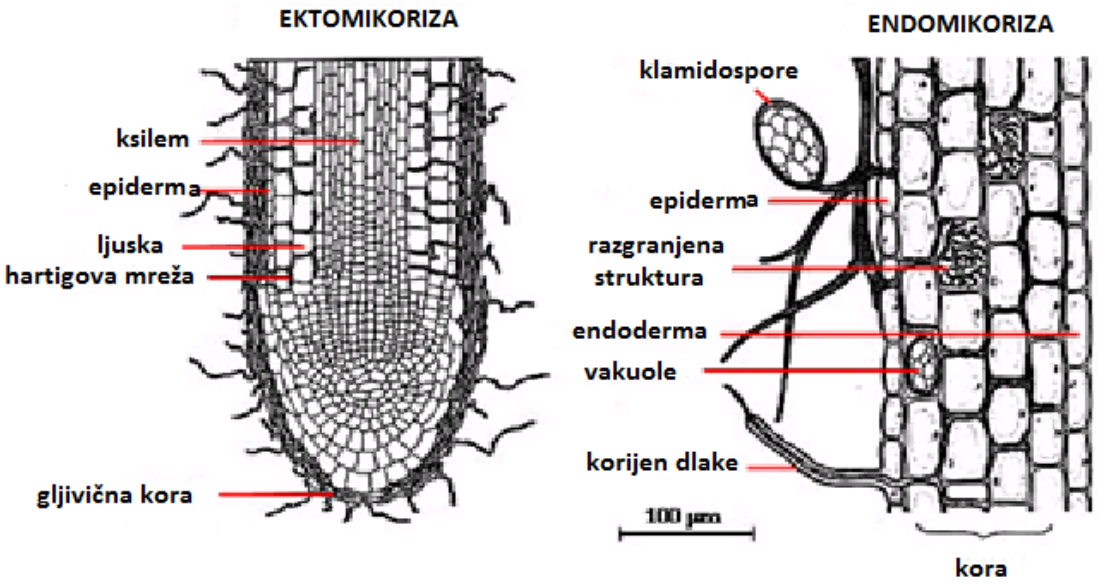
Slika 16. Vezikule i arbuskule.

Izvor: http://www.gnojidba.info/gnojidba-povrca/mikoriza-u-uzgoju-povrca-i/

Praktična primjena vezikularno – arbuskularne mikorize može imati posebno značenje pri uzgoju povrća iz presadnica, pri uzgoju u zaštićenom prostoru, kod mikropropagacije, a indirektno i za zaštitu povrća (Novak, 1998.). Ovaj tip mikorize je posebno važan za povrtne kulture, jer je većina povrtnih vrsta sposobna uspostaviti takav tip mikorize, osim vrsta koje pripadaju porodicama *Brassicaceae* i *Chenopodiaceae* (Novak, 1998.). Vezikularnoarbuskularne mikorizne gljive imaju veliki potencijal za održivu poljoprivredu (Novak, 1998.). Da bi se uzgojile arbuskularne mikorizne gljive potrebna je inokulacija arbuskularnih mikoriznih gljiva s biljkama domaćinima. Kao gljivični vezikularno-arbuskularne mikorizni inokulumi mogu se koristiti spore prikupljene iz tla. Međutim spore u tlu nisu uvijek aktivne za kolonizaciju biljaka. Kao inokulum za uspostavu ciljane mikorize najčešće se koriste endomikorizne gljive rodova: *Glomus, Gigaspora, Scutelospora, Acaulospora, Sklerocystis* i *Entrophosphora*.

U simbiotskoj zajednici gljiva pomaže biljci kako bi brže i efikasnije usvojila vodu i minerale iz tla, a gljiva od biljke uzima gotovu organsku hranu koju biljka stvara u procesu fotosinteze (Bugarčić, 2015.). Da bi se hife gljiva izgradile i izrasle, potrebno im je manje energije nego što je to potrebno biljci za izgradnju korijenovih dlačica. Rezultat mikorize je bolji rast i razvoj, ali i razmnožavanje. Mikorizom gljiva od biljke dobiva ugljikohidrate te se procjenjuje da endomikoriza troši između 4 i 20% ukupnog ugljika fiksiranog tijekom

fotosinteze. Od toga 83% troši sama gljiva, dok se ostatak potroši na pojačani transport tvari te na druge promjene u metabolizmu korijena.



Slika 17. Razlika u građi između endomikorize i ektomikorize.
Izvor: Kristek, S. (2007.) Agroekologija – predavanja prilagođena studentima stručnih studija smjerova Hortikultura i Ratarstvo. Osijek

4.2.1.3. Ektoendomikoriza

Ektoendomikoriza predstavlja prijelazni tip mikoriza kod kojeg hife micelija obavijaju korijenje izvana, ali jednim djelom prodiru u stanice korijenja. To su specifične mikorize koje nisu toliko česte u prirodi kao ektomikorize i endomikorize.

U zajednici sa mikoriznim korijenima i mikoriznim gljivama žive bakterije (Micorrhizae helper bacteria) koje poboljšavaju njezino funkcioniranje. Ove bakterije predstavljaju kozmopolitsku grupu mikroorganizama značajnu za mikoriznu simbiozu. Pretpostavlja se da nisu samo pojedinačne vrste, već mikrobne zajednice, evoluirale da žive u bliskoj zajednici s mikoriznim gljivama.

Ove bakterije pripadaju taksonomski raznolikim grupama bakterija i prisutne su na različitim staništima. Pretpostavlja se da ove bakterije pomažu na slijedeće načine:

pospješuju klijanje gljivnih propagula svojim eksudatima, pospješuju rast micelija, pomažu u prepoznavanju domaćina i povećavaju osjetljivost korijena kroz kontroliranu produkciju enzima koji vrše digestiju staničnog zida, omogućavajući povećano prodiranje hifa gljiva u korijen i olakšavajući njihovo širenje unutar tkiva korijena što bi moglo potencijalno dovesti do povećane mikorizacije.

Bakterije koje pomažu mikorizi također pospješuju funkcioniranje mikorizne simbioze kroz fiksaciju atmosferskog dušika, mobilizaciju mineralnih hraniva i zaštitu biljaka od patogena.

5. ZAKLJUČAK

Rizosfera je zona tla uz korijen, koju naseljavaju brojni mikroorganizmi koji okružuju površinu korijena i površinski međuprostor. Mikroorganizmi rizosfere su pod direktnim utjecajem korijenskih izlučevina i sjemena stoga dolazi do simbioze između mikroorganizama i biljke. Zbog povoljnih uvjeta za razvoj u rizosferi je broj mikroorganizama i do sto puta veći u odnosu na okolno tlo.

U rizosferi tla najviše su zastupljene bakterije iz rodova *Bacillus, Pseudomonas, Agrobacterium, Arthrobacter, Azospirillum* i *Rhizobium,* a u anaerobium uvjetima *Desulfovibrio* i *Clostridium*. Brojni mikroorganizmi izražavaju pozitivan efekt na biljku uključujući fiksatore dušika, endomikorizne i ektomikorizne gljive, fosfomobilizatore i gljive. Pošto su u rizosferi bakterije najbrojnije, smatra se da one u najvećoj mjeri utječu na fiziologiju same biljke.

Jedan od najznačajnijih mikroorganizama su biološki fiksatori dušika. Oni procesom vezanja atmosferskog dušika opskrbljuju biljku reduciranim dušikom, a od biljke uzimaju tvari potrebne za svoj razvoj.

Primjenom bakterija koje potiču rast biljaka smanjuje se mogućnost toksikacije zemljišta i podzemnih voda, povećava se sadržaj organske tvari zemljišta povećanjem brojnosti i aktivnosti mikroorganizama u rizosferi kultiviranih biljaka.

6. POPIS LITERATURE

Rad iz časopisa

1. Barea, J. M., Pozo, M. J., Rosario Azco´n and Concepcio´n Azco´n-Aguilar (2005.): Microbial co-operation in the rhizosphere, Journal of Experimental Botany, Vol. 56, No. 417, pp. 1761–1778.
2. Bo, L., Gumpertz, M. L., Shuijin, H., & Ristaino, J. B. (2007.): Long–term effects of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of Southern blight. Soil Biology and Biochemistry, 39(9), 2302-2316.
3. Burd, G., Dixon, D. G., Glick, B. R. (2000.): Plant growth promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Can. J. Microbiol. 46: 237-245.
4. Cross, A.F. and Schlesinger, W.H. (1995): A literature review and evaluation of the Hedley fractination: Applications to the biogeochemical cycle of phosphorus in natural ecosystems. Geoderma, 64, 197-214.
5. Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Okon, Y., (2003.): Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Crit. Rev. Plant Sci. 22:107-149.
6. Eckert, B., Weber, O. B., Kirchof, G., Halbritter, A., Stoffels, M., Hartmann, A. (2001.): *Azospirillum doebereinerae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass Miscanthus. International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology,51 (Suppl 1): 17-26.
7. Gandora, V., Gupta, R. D., Bhardwaj, K. K. R. (1998.): Abundance of *Azotobacter* in great soil groups of North-West Himalayas. Journal of the Indian Society of Soil Science 46(3): 379–383.
8. Gholami, A., Shahsavani, S., S. Nezarat (2009.): The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Int J Bio Life Sci. 1(1): 35-38.
9. Hu, S., van Bruggen, A. H. C., & Grünwald, N. J. (1999.): Dynamics of bacterial populations in relation to carbon availability in a residue–amended soil. Appl. Soil Ecol. 13, 21-30.
10. Jarak, M., Milošević N., Milić, V., Mrkovački N., Đurić, S., Marinković J. (2005.): Mikrobiološka aktivnost – pokazatelj plodnosti i degradacije zemljišta, ekonomika poljoprivrede.

11. Kanižai G., Milaković, Z., Šeput, M., Bukvić, Ž., Kralik, D. (2007.): Učinak bakterizacije sjemena lucerne (*Medicago sativa* L.) na komponente prinosa u ekološkom uzgoju. Faculty of Agriculture, Cereal Research Communications 36: 587- 590.
12. Khammas, K. M., Ageron, E., Grimont, P. A., Kaiser, P. (1989.): *Azospirillum irakense* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with rice roots and rhizosphere soil. Research in Microbiology,140 (Suppl 9): 679-693.
13. Khan, A. G. (2005.): Role of soil microbes in the rhizosphere of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. J. Trace Elem. Med. Biol. 18: 355-364.
14. Kloepper, J. W., Schroth, M. N. (1978.): Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In: Angers (Ed.) Proceedings of rhe Fourth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Gibert-Clarey Tours 879-882.
15. Liang, B. C., McConkey, B. G., Schoenau, J., Curtin, D., Campbell, C. A., Moulin, A. P., & Lafond, G. P. (2003.): Effect of tillage and crop rotations on the light fraction organic carbon and carbon mineralization in Chernozemic soils of Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science, 83(1), 65-72.
16. Magalhães, F.M., Baldani, J.I., Souto, S.M., Kuykendall, Jr., Döbereiner, J.A., (1983.): New acid-tolerant *Azospirillum* species. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 55 (Suppl 4): 417-430.
17. Migula, Š. (1894.): Uber Ein Neues sustav der Bakterien. Arb. Bakteriol. Inst. Karlsruhe 1: 235-238.
18. Milaković, Z. (2013.): Inertna skripta opće mikrobiologija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
19. Milošević, N., Govedarica, M., Jarak, M. (2000.): Mikrobiološka svojstva zemljišta oglednog polja Rimski šančevi. Zb. Radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 33: 13-20.
20. Mosse, B. (1975.): Specifity in VA mycorrhizas. In Endomycorrhizas, ed. F.E. Sanders, .Mosse, and P.B.Tinker, pp. 469-484. Academic Press N.Y.
21. Mrkovački, N., Jarak, M., Đalović, I., Jocković, Đ. (2012): Značaj i efekat primene PGPR na mikrobiološku aktivnost u rizosferi kukuruza. Ratar. Povrt. / Field Veg. Crop Res. 49, 3,335–344.
22. Peterson, R. L., Massicotte, H. B., Melville, L. H. (2004.): Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. Ottawa, NRC Research Press, 173.

23. Reinhold, B., Hurek, T., Fendrik, I., Pot, B., Gillis, M., Kersters, K., Thielemans, S., de Ley, J., (1987.) : Azospirillum halopraeferens sp. nov., a nitrogen-fixing organism associated with roots of kallar grass (Leptochloa fusca (L) Kunth). International Journal of Systematic Bacteriology, 37: 43-51.
24. Saharan, BS, Nehra V. (2011.): Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. Life Sci Med Res. 21.
25. Sarić, Z., Mrkovački, N., Sarić, M., Milić, V. (1993.): Dynamics of nodulation in some soybean genotypes. In: Current Developments in Soybean Rhizobia Symbiotic Nitrogen Fixation (ed. Dou Xintian), Breeding Soybean with Symbiotic N-fixation. Heilongjiang Science and Technology Publishing House, Harbin, 113-126.
26. Singh, B. N., & Ram, H. (1987). Seasonal changes in dehydrogenase activity in cultivated pond and virgin soil. Current Science, 56(13), 651-654.
27. Singh, B., & Rengel, Z. (2007.): The Role of Crop Residues. In: P. Marschner, Z. Rengel (Eds), Improving Soil Fertility in Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystem Soil Biology, 10, 183-21.
28. Somers, D.J., Isaac, P., and Edwards, K. 2004. A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (Triticum aestivum L.). Theor. Appl. Genet. 109: 1105–1114.
29. Spaepen, S., Vanderleyden, J., Remans, R. (2007.): Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. FEMS Microbiol Rev. 2007;31:425–448.
30. Sturz, A.V., Nowak, J. (2000.): Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. Applied Soil Ecology 15, 183–190.
31. Tarrand, J.J., Krieg, N.R., Döbereiner, J. (1978.): A taxonomic study of the Spirillum lipoferum group with description of a new genus, Azospirillum gen. nov. and two 42 species, Azospirillum lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and Azospirillum brasilense nov. Canadian Journal of Microbiology, 24 (Suppl 8): 967-980.
32. Tejera, N., Lluch, C., Martínez-Toledo, M. V., González-López, J. (2005.): Isolation and characterization of Azotobacter and Azospirillum strains from the sugarcane rhizosphere". Plant and Soil 270 (1–2): 223–232.

33. Topol, J. i Kaniţai Šarić, G. (2013.): Simbiotska fiksacija dušika u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji, Agronomski glasnik, Vol 75, No. 2-3.
34. Vukadinović V., Lončarić Z. (1997.): Ishrana bilja, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
35. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
36. Weller, D.M. (1988.): Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Ann Rev Phytopathol 26:379–407.
37. Zahir, Z.A., Arshad, M., Frankenberger, W. T. (2004.): Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture.Advances in Agronomy 81, 97–168.

KNJIGE:

1. Govedarica, M., Jarak, M. (1995.): Mikrobiologija zemljišta, Novi Sad
2. Hajnal-Jafari T. (2010.): Utjecaj inokulacije na prinos i mikrobiološku aktivnost u zemljištu pod usjevom kukuruza. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
3. Varvodić, A. (2015.): Uloga Azotobacter spp. Kao slobodnog nitrofiksatora, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

RAD U ZBORNIKU:

1. Đorđević, S., Govedarica, M., Milošević, N., Jakovljević M. (2000): Uticaj bakterijskeinokulacije na biomasu C, P i aktivnost fosfataza u rizosferi kukuruza. EKO-KONFERENCIJA 2000, Zdravstveno bezbedna hrana, Tematski zbornik I, 359- 364.
2. Govedarica, M., Jeličić, Z., Jarak, M., Milošević, N., Stojnić, N., Rašković, D., Pavlović,M. (1999): Uticaj azotofiksatora i fosfomineralizatora na mikrobiološku aktivnost pod usevom kukuruza. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 5, 1, 115-121.
3. Govedarica, M., Jeličić, Z., Jarak, M., Milošević, N., Stojnić, N., Rašković, D., Pavlović,M. (1999): Uticaj azotofiksatora i fosfomineralizatora na mikrobiološku aktivnost pod usevom kukuruza. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 5, 1, 115-121.

4. Hajnal, T., Jeličić, Z., Jarak, M. (2004.): Mikroorganizmi iz ciklusaazota i fosfora u proizvodnji kukuruza. Zbornik naučnih radova, Vol. 10 br. 1 43-53.
5. Milošević, Nada, Govedarica M. (2001a): Mogućnost primene biofertilizatora u proizvodnji ratarskih neleguminoznih biljaka. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. .35, 53-65.
6. Mrkovački, N., Mezei, S., Čačić, N. (2003.): Dinamika brojnosti Azotobacter chroococcum u rizosferi šećerne repe u zavisnosti od mineralne ishrane. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke 104: 91-97.

Web:

1. file:///C:/Users/Matea/Downloads/04_Jurka_Topol_i_Gabriella_Saric_Simbiotska_fiksacija_dusika_u_ekoloskoj_poljoprivrednoj%20(1).pdf
2. http://agritech.tnau.ac.in/org_farm/orgfarm_biofertilizertechnology.html
3. http://engl105spring2016.web.unc.edu/2016/02/bacillus-spp-a-bacterium-that-kills-nematodes/
4. http://mycorrhizas.info/ecm.html
5. http://slideplayer.com/slide/4015212
6. http://www.agroklub.com/sumarstvo/tlo-i-mikorizne-gljive/16246/
7. http://www.bioinstitut.hr/blog/biologija/sveobuhvatnost-mikrobioloske-analize-namirnica-19/
8. http://www.gnojidba.info/gnojidba-povrca/mikoriza-u-uzgoju-povrca-i/
9. http://www.medioteka.hr/portal/ss_biologija2.php?ktg=10&mid=33
10. https://repozitorij.pfos.hr/islandora/object/pfos%3A54/datastream/PDF/view
11. https://repozitorij.pfos.hr/islandora/object/pfos%3A73/datastream/PDF/view
12. https://repozitorij.unios.hr/islandora/object/pfos%3A607/datastream/PDF/view
13. https://www.google.hr/search?q=arbuskule&espv=2&biw=1600&bih=799&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjTnuX20ZvPAhULvBoKHdozDXcQsAQIGA#tbm=isch&q=arbuskule+glomus&imgdii=Zwtxl7s_ohYOtM%3A%3BZwtxl7s_ohYOtM%3A%3B_XkTRFAAdorJtM%3A&imgrc=Zwtxl7s_ohYOtM%3A

SAŽETAK

U korisnu mikrobnu populaciju rizosfere ubrajamo mikroorganizme koji imaju pozitivan utjecaj na biljke. Jedni od najznačajnijih mikroorganizama su biološki fiksatori dušika. U prirodi postoji kružni tok dušika gdje je atmosfera izvor dušika kojega u tlo transformiraju mikroorganizmi prilikom procesa koji se naziva fiksacija dušika. Biološka fiksacija dušika je proces u kojem posebne skupine mikroorganizama usvajaju elementarni dušik iz atmosfere i reduciraju ga do amonijaka. Asocijativni fiksatori aktivni su na površini korijena, a ovim fiksatorima pripadaju bakterije roda *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Klebsiella*. Bakterije roda *Azospirillum* imaju važnu ulogu kao nitrofiksatori. Svojom aktivnošću potiču rast biljaka, poboljšavaju rast i razvoj korijena, povećavaju usvajanje vode i mineralnih hraniva, utječu na mikrobiološke procese u tlu. Također utječu na produkciju bioloških tvari. Mikoriza je simbioza mikroskopskih gljiva i korijena biljaka. Radi se o posebnom tipu mikroskopskih gljiva koje ne mogu živjeti samostalno, nego isključivo u suživotu s korijenom biljaka. Na taj način za biljke je osiguran puno veći izvor hranjivih tvari i vode te hormona rasta, a gljiva od biljke prima dio fotosintetski dobivenih šećera, koje gljiva sama ne može stvoriti.

Ključne riječi: rizosfera, mikroorganizmi, dušik, bakterije, korijen, mikoriza

7. SUMMARY

In beneficial microbial population of rhizosphere we include microorganisms that have a positive impact on plants. In nature there is a roundabout where the nitrogen source is a nitrogen atmosphere in which the microorganisms in the soil transform process called nitrogen fixation. Biological nitrogen fixation is a process in which specific groups of microorganisms adopt elemental nitrogen from the atmosphere and reduced to ammonia. Associative fixators are active on the surface of the root, and the fixators belong to bacteria of the genus *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Klebsiella. Bacteria* of the genus *Azospirillum* play an important role as nitrofixing. Its activities stimulate the growth of plants, enhance the growth and development of roots, increasing the adoption of water and mineral nutrients, affect the microbiological processes in soil. Also affect the production of biological substances.Mycorrhiza is symbiosis of microscopic fungi and roots of plants.It is a special type of microscopic fungus that can't live independently, but only in the coexistence with root of plants. In that way for plant is secured a greater source of nutrients, water and growth hormones, fungus of plant receives part of photosynthetically derived sugars , which the fungus itself can't create.

Key words: rhizosphere, microorganisms, nitrogen, bacteria, root, mycorrhiza

8. POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Stvaranje korijenske kvržice, str. 7.

Slika 2. Izgled korijenske kvržice na korijenu soje, str. 8.

Slika 3. *Azotobacter*, str. 10.

Slika 4. *Azotobacter* na hranjivoj podlozi, str. 11.

Slika 5. *Azospirillum*, str. 12.

Slika 6. *Bacillus megaterium*, str. 15.

Slika 7. *Bacillus spp*., str. 16.

Slika 8. *Pseudomonas fluorescens*, str. 17.

Slika 9. Hife gljiva obavijaju korijen i prodiru u međustanične prostore kore, gdje tvore Hartigovu mrežu, str. 19.

Slika 10. Grafički prikaz ekto i endomikorize, str. 19.

Slika 11. Uzorak korijena s mikorizom, str. 20.

Slika 12. Hartigova mreža, str. 21.

Slika 13. Korijen Paulownije obavijen ektomikorizom, str. 22.

Slika 14. Endomikoriza, str. 23.

Slika 15. Vezikularno – arbuskularna mikoriza, str. 24.

Slika 16. Vezikule i arbuskule, str. 25.

Slika 17. Razlika u građi između endomikorize i ektomikorize, str. 26.

Tablica 1. Podjela PGPR s obzirom na mehanizme djelovanja, str. 5.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

Korištenje benefitnih mikroorganizama kao zamjena za kemijske pesticide i mineralna gnojiva

Matea Ivanković

Sažetak

U korisnu mikrobnu populaciju rizosfere ubrajamo mikroorganizme koji imaju pozitivan utjecaj na biljke. Jedni od najznačajnijih mikroorganizama su biološki fiksatori dušika. U prirodi postoji kružni tok dušika gdje je atmosfera izvor dušika kojega u tlo transformiraju mikroorganizmi prilikom procesa koji se naziva fiksacija dušika. Biološka fiksacija dušika je proces u kojem posebne skupine mikroorganizama usvajaju elementarni dušik iz atmosfere i reduciraju ga do amonijaka. Asocijativni fiksatori aktivni su na površini korijena, a ovim fiksatorima pripadaju bakterije roda *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Klebsiella.* Bakterije roda *Azospirillum* imaju važnu ulogu kao nitrofiksatori. Svojom aktivnošću potiču rast biljaka, poboljšavaju rast i razvoj korijena, povećavaju usvajanje vode i mineralnih hraniva, utječu na mikrobiološke procese u tlu. Također utječu na produkciju bioloških tvari. Mikoriza je simbioza mikroskopskih gljiva i korijena biljaka. Radi se o posebnom tipu mikroskopskih gljiva koje ne mogu živjeti samostalno, nego isključivo u suživotu s korijenom biljaka. Na taj način za biljke je osiguran puno veći izvor hranjivih tvari i vode te hormona rasta, a gljiva od biljke prima dio fotosintetski dobivenih šećera, koje gljiva sama ne može stvoriti.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: Prof.dr.sc. Suzana Kristek

Broj stranica: 39

Broj grafikona i slika: 17

Broj tablica: 1

Broj literaturnih navoda: 48, **Web:** 13

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: rizosfera, mikroorganizmi, dušik, bakterije, korijen, mikoriza

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Doc.dr.sc. Brigita Popovićpredsjednik
2. Prof.dr.sc. Suzana Kristek, mentor
3. Doc.dr.sc. Sanda Rašićčlan

Rad je pohranjan u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**

Faculty of Agriculture Osijek

University Graduate Studies, course Plant Breeding and seed trade

Usage beneficial microorganisms as a replacement for chemical pesticides and fertilizers

Matea Ivanković

Summary

In beneficial microbial population of rhizosphere we include microorganisms that have a positive impact on plants. In nature there is a roundabout where the nitrogen source is a nitrogen atmosphere in which the microorganisms in the soil transform process called nitrogen fixation. Biological nitrogen fixation is a process in which specific groups of microorganisms adopt elemental nitrogen from the atmosphere and reduced to ammonia. Associative fixators are active on the surface of the root, and the fixators belong to bacteria of the genus *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Klebsiella*. Bacteria of the genus *Azospirillum* play an important role as nitrofixing. Its activities stimulate the growth of plants, enhance the growth and development of roots, increasing the adoption of water and mineral nutrients, affect the microbiological processes in soil. Also affect the production of biological substances. Mycorrhiza is symbiosis of microscopic fungi and roots of plants. It is a special type of microscopic fungus that can't live independently, but only in the coexistence with root of plants. In that way for plant is secured a greater source of nutrients, water and growth hormones, fungus of plant receives part of photosynthetically derived sugars , which the fungus itself can't create.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Prof.dr.sc. Suzana Kristek

Number of pages: 39

Number of figures: 17

Number of tables:1

Number of references: 48, **Web**: 13

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words:rhizosphere, microorganisms, nitrogen, bacteria, root, mycorrhiza

Thesis defended on date:

Reviwers:

1. Ph.D. Brigita Popović,assistent professor, president
2. Ph.D. Suzana Kristek, full professor, supervisor
3. Ph.D. Sanda Rašić, assistent professor, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek,Kralja Petra Svačića 1d.